

XA1555



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 49 310 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**H 01 K 1/04**  
G 02 B 5/00  
G 01 J 5/02  
C 09 D 5/32

②1 Aktenzeichen: 195 49 310.9  
②2 Anmeldetag: 29. 12. 95  
②3 Offenlegungstag: 3. 7. 97

DE 195 49 310 A 1

⑦1 Anmelder:

Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und  
Raumfahrt, e.V., 51147 Köln, DE

⑦4 Vertreter:

Effert, U., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 12489 Berlin

⑦2 Erfinder:

Driescher, Hans, Dr., 12559 Berlin, DE; Hartmann,  
Maik, 12685 Berlin, DE; Lorenz, Eckhard, Dr., 12679  
Berlin, DE

⑤8 Entgegenhaltungen:

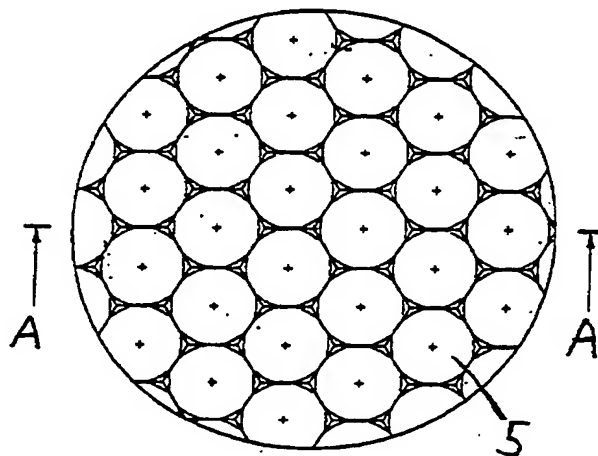
DE-PS 4 86 245  
DE-AS 14 89 356  
US 45 75 631

Patents Abstracts of Japan, E, 1994, 1560, S. 308,  
6-88855. JP 6-88855 A;  
Patents Abstracts of Japan, E, 1994, 1488, S. 17,  
5-258730, JP 5-258730 A;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Infrarot-Eichstrahler oder -Empfänger mit großer Apertur

⑤7 Die Erfindung betrifft einen Infrarot-Eichstrahler und des-  
sen Verwendung als Empfänger, der bei geringen Abmes-  
sungen und Gewicht den Eigenschaften eines schwarzen  
Körpers sehr ähnlich ist. Die Erfindung findet vor allem  
Anwendung im Feld- und Laborbetrieb, wo insbesondere  
bisher bekannte Infrarot-Eichstrahler zu unhandlich sind.  
Hierzu wird die Strahleroberfläche des Infrarot-Eichstrahlers  
oder -Empfängers aus einer Vielzahl von eng gefügten  
Einzelelementen gebildet.



DE 195 49 310 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 05. 97 702 027/324

8/25

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Infrarot-Eichstrahler und dessen Verwendung als Empfänger.

Für die Eichung von Infrarot-Strahlungsempfängern, die z. B. in Pyrometern oder Thermographiesystemen eingesetzt werden, wie auch für Messungen an optischen Systemen ganz allgemein sind Eichstrahler bekannt, die dem physikalischen Modell des schwarzen Körpers nahekommen.

Ein schwarzer Körper ist ein Denkmodell, welches über sechs prinzipielle Eigenschaften verfügt:

- die maximale spezifische Ausstrahlung bei einer gegebenen Temperatur wird emittiert;
- Gleichverteilung (Isotropie) der Strahlung in einem von schwarzen Wänden umschlossenen Raum, unabhängig von Richtung und Lage des Strahlers;
- maximale Emission für jede Wellenlänge elektromagnetischer Strahlung;
- maximale Emission in jede Richtung der Ausstrahlung bei einer gegebenen Temperatur;
- die totale spezifische Ausstrahlung ist lediglich eine Funktion der Temperatur, die spektrale spezifische Ausstrahlung ist eine Funktion der Wellenlänge und der Temperatur;
- die prinzipiellen Größen der Strahlung sind für jede Wellenlänge, jede Temperatur und Richtung in Übereinstimmung mit den fundamentalen Gesetzen der Temperaturstrahlung.

Derartige Strahler werden praktisch zumeist als Hohlraumstrahler ausgebildet. Ein allseitig geschlossener Hohlraum mit gleichmäßig temperierten Wänden verfügt über eine Öffnung, aus der die zu messende Strahlung austritt. Ihre Eigenschaft kommt den Eigenschaften eines schwarzen Strahlers sehr nahe, um so mehr, je größer die innere Oberfläche des Strahlers im Verhältnis zur Strahlaustrittsöffnung (kleine Apertur) ist. Tritt elektromagnetische Strahlung von außen durch die Öffnung ein, so wird diese fast vollständig absorbiert. Ein geringer Teil der elektromagnetischen Strahlung wird reflektiert und trifft auf einen anderen Bereich der inneren Oberfläche des Hohlraumstrahlers. Dort wird wieder der größte Teil der elektromagnetischen Strahlung absorbiert und ein kleiner Teil reflektiert. Die nach Mehrfachreflexion wieder austretende Strahlung ist sehr gering, im Idealfall tritt keine Reflexionsstrahlung wieder aus. Dann hängt die gesamte aus der Austrittsöffnung austretende elektromagnetische Strahlung nur von der Temperatur des Hohlraumstrahlers ab. Dies ist gleichbedeutend damit, daß der Emissionsgrad des Hohlraumstrahlers identisch ist (Transmissions- und Reflexionsgrad sind identisch 0), wobei der Emissionsgrad  $\varepsilon$  das Verhältnis der spezifischen Ausstrahlung  $M$ , die der betreffende Strahler bei der Wellenlänge  $\lambda$  und der Temperatur  $T$  zu derjenigen Ausstrahlung  $M_{SK}$  des schwarzen Körpers, mithin

$$\varepsilon(\lambda, T) = M(\lambda, T) / M_{SK}(\lambda, T)$$

ist.

Aus dem Funktionsprinzip ergibt sich, daß ein Hohlraumstrahler in Bezug auf seine strahlende Fläche recht groß ist, d. h. dieser ist im Feld- und Laborbetrieb, insbesondere auch unter Raumflugbedingungen unhandlich und für einige Anwendungen praktisch nicht einsetzbar weil Gewicht, Abmessungen und Energiever-

brauch unvertretbar groß sind.

Diese Tatsache ist seit langem bekannt und es gibt daher zahlreiche Entwicklungen von Flächeneichstrahlern mit besonders strukturierten und geschwärzten Oberflächen.

Aus der DE 42 34 471 ist z. B. ein Infrarot-Empfänger bekannt, der aus drei Schichten besteht. Die untere Schicht besitzt einen geringen Transmissionsgrad für die zu absorbierende Infrarotstrahlung. Diese absorbiert einen Teil der einfallenden Strahlung und reflektiert den nichtabsorbierten Anteil zurück in die darüberliegende mittlere Schicht. Die mittlere Schicht weist einen hohen Absorptions- und einen geringen Reflexionsgrad auf und dient vorwiegend zur Absorption. Die oberste Schicht dient zur Absorption der von oben auf die Vorrichtung einfallenden Strahlung und absorbiert bzw. reflektiert die von den unteren Schichten kommende Streustrahlung. Um den Reflexionsgrad der obersten Schicht zu verringern, ist eine Vertiefung vorgesehen, so daß es zu Vielfachreflexion innerhalb der Vertiefung kommt. Zur Erhöhung der empfangenen Strahlungsmenge können mehrere der zuvor beschriebenen Infrarotempfänger rasterförmig angeordnet und zusammengeschaltet werden.

Aus der EP-A-0 463 906 ist ein Infrarotstrahlung absorbierender Körper bekannt, dessen Oberfläche mit thermoplastischem Kunststoff gebundene poröse Pigmentschichten aufweist, welche Strahlung von 20 bis 500  $\mu\text{m}$  Wellenlänge absorbieren soll. Der Körper kann aus Aluminium oder Nickel bestehen, die poröse Oberfläche soll mit einer Rauheit von max. 200  $\mu\text{m}$  ausgestattet sein und für die Pigmentierung kann schwarzer Kohlenstoff verwendet werden.

Nachteilig bei den bekannten Flächeneichstrahlern bzw. Empfängern ist, daß diese nicht die Güte von Hohlraumstrahlern erreichen.

Aus der DE 34 45 677 A1 ist ein als Temperaturmeßgerät ausgebildeter Strahlungsempfänger mit einer Streustrahlung absorbierenden Abschirmung einer Meßöffnung beschrieben. Damit sollen Temperaturen an Gegenständen mit geringem Emissionsgrad gemessen werden. Die Art der Schwärzung der Abschirmung ist nicht offenbart.

Aus der DE 42 21 037 A1 ist noch ein Thermosäulensensor bekannt, bei dem eine metallische strahlungsempfangende Fläche mit einer fotolithografisch strukturierbaren Lackschicht geringer Dicke belegt ist, die durch Zusätze, wie Kohlenstoff infrarote Strahlung absorbiert. Der Absorptionsgrad soll etwa 95% betragen, wobei die nicht direkt absorbierte Einstrahlung nach Reflexion an der metallischen Fläche absorbiert werden soll. Noch höhere Absorptionsgrade sind schwierig zu erreichen. Es ist auch zu berücksichtigen, daß offensichtlich der Absorptionsgrad auch Strahlung im Bereich des sichtbaren Lichtes umfaßt.

Der Erfindung liegt daher das Problem zugrunde, einen Infrarot-Eichstrahler oder -Empfänger zu schaffen, der bei geringen Abmessungen und Gewicht den Strahlungseigenschaften eines schwarzen Körpers sehr nahe kommt. Dabei sind die fachspezifischen Randbedingungen für eine Anwendung unter Weltraumgegebenheiten zu berücksichtigen.

Erfindungsgemäß wird das Problem durch die Ansprüche 1 und 11 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Lösung sieht die Verwendung einer Vielzahl von oberflächenvergrößernden zusammengeführten Einzellelementen, die die Strahler- oder Empfängeroberfläche

bilden vor. Dadurch wird die aktive Oberfläche vergrößert, ohne die Außenabmessungen oder das Gewicht des Infrarot-Eichstrahlers oder Empfängers wesentlich zu vergrößern. Die Einzelelemente bilden zusammen mit ihren benachbarten Einzelelementen zum einen eine Makrostruktur und gemeinsam eine Sub-Struktur als zusammenhängende Oberfläche, die die Wirkung von Reflexionsfallen haben und somit das Absorptionsverhalten des Strahlers bzw. Empfängers verbessert. Die Einzelelemente können sowohl für Flächenstrahler als auch für Hohlraumstrahler verwendet werden.

Dadurch, daß die Einzelelemente lösbar von der Basis ausgestaltet sind, können defekte Einzelelemente ausgetauscht werden, ohne den gesamten Infraroteichstrahler oder Empfänger auszutauschen. Außerdem kann so die Strahler- oder Empfängeroberfläche an die äußeren Bedingungen angepaßt werden. Durch eine galvanische Metallisierung, z. B. mit Nickel der Mantelflächen des Fügebauteils wird die thermische Kopplung der Einzelelemente erhöht. Durch die Ausbildung des Fügebauteils als symmetrisches Hexagon im Querschnitt ergibt sich eine besonders hohe Packungsdichte der Einzelelemente. Es ist nicht erforderlich, daß der gesamte Teil des nicht der Absorption dienenden Einzelelementes mit dem gleichen Querschnitt ausgestattet ist, sondern es reicht, wenn basisnahe Flächen oder andere Teile des Einzelelementes eine Vieleckform haben, so daß sie eng gepackt werden können. Die Spitze dieses Einzelelementes, d. h. der Absorberteil kann kegelförmig oder pyramidenförmig ausgebildet sein und sollte eine Spitze aufweisen.

Ein derartiger Eichstrahler oder -Empfänger kann Teil einer Meß- oder Kalibrationseinrichtung sein, wobei an sich bekannte Meßsysteme und oder Temperaturkonstanthalter additiv Anwendung finden, die dem Fachmann als solches bekannt sind. Bei exakter Ausführung der Erfindung werden Absorptionsgrade von > 98% erreicht. Praxistest haben diese Werte auch bei Wellenlängen von 0,9 bis 200 µm bestätigt.

Dies ist offensichtlich nur möglich bei kombinierter regelmäßiger Makrostruktur der Oberfläche, ergänzt um eine für sich bekannte Mikrostruktur der exponierten Oberfläche. Auf die Mikrostrukturierung kann verzichtet werden, wenn spezielle Oberflächenbeschichtungen angewendet werden.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert, wobei die Offenbarung gemäß den Ansprüchen ebenfalls heranzuziehen ist. Die Figuren zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht eines Einzelelementes;

Fig. 2 eine Draufsicht auf die Strahler- oder Empfängeroberfläche und

Fig. 3 einen axialen Schnitt entlang der Linie A-A der Strahler- oder Empfängeroberfläche gemäß Fig. 2.

In der Fig. 1 ist eine Seitenansicht eines Einzelelementes 1 dargestellt. Das Einzelelement 1 besteht aus einem Fügebauteil 2 und einem einstrahlungsseitig spitzen Absorber 3. Das Fügebauteil 2 ist ein schlankes Element, z. B. ein zylinderförmiger Stift mit symmetrischem Hexagon als Grundfläche oder Teil seiner Umfangsfläche 4, die vorzugsweise galvanisch metallisiert, insbesondere vernickelt ist. Der Absorber 3 ist ein Kegel, dessen Mantelfläche 5 mit einer Infrarotstrahlung absorbierenden Masse oder Farbe beschichtet ist. Das sich aus Fügebauteil 2 und Absorber 3 zusammensetzende Einzelelement 1 hat somit eine Form ähnlich einem angespitzten Bleistift. Das Fügebauteil 2 ist mit einer nichtdargestellten Basis verbunden. Diese Verbindung kann lösbar ausgestaltet sein, z. B. durch Verschraubungen, Nut und Feder

oder Steckverbindungen. Diese Aufzählung ist nicht abschließend, da die Wahl der geeigneten Verbindung von den Abmessungen des Einzelelementes 1 und anderen Erfordernissen abhängig ist. Das Fügebauteil 2 und der Absorber 3 können sowohl einstückig als auch zweistückig ausgeführt sein. Als Grundmaterial für das Fügebauteil 2 und den Absorber 3 kann z. B. Graphit Anwendung finden. Bei der zweistückigen Ausführungsform können aber auch unterschiedliche Materialien, insbesondere Metalle als Grundmaterial, für das Fügebauteil 2 und den Absorber 3 zur Anwendung kommen.

Die Fig. 2 zeigt eine Draufsicht auf die Strahler — oder Empfängeroberfläche. Eine Vielzahl von Einzelelementen 1 ist zusammengeschaltet. Ein Einzelelement 1 ist von sechs weiteren Einzelelementen 1 umgeben. Wird der Infraroteichstrahler oder Empfänger als Flächenstrahler ausgeführt, so bricht die Periodizität an den Rändern ab. Fällt Infrarotstrahlung auf eine Mantelfläche 5 eines Absorbers 3, so wird der größte Teil der Strahlung von der Beschichtung des Absorbers 3 absorbiert. Der restliche Anteil der Strahlung wird reflektiert (Vernachlässigung der Transmission) und fällt auf die Mantelfläche 5 eines benachbarten Einzelelementes 1 bzw. Absorbers 3. Dort wird wieder der größte Anteil der zuvor reflektierten Strahlung absorbiert und der restliche Anteil reflektiert. Dieser Vorgang setzt sich so lange fort, bis reflektierte Strahlung nicht mehr auf die Mantelfläche 5 eines Absorbers trifft.

Die Fig. 3 zeigt einen axialen Schnitt entlang der Linie A-A gemäß Fig. 2 durch den Infrarot-Eichstrahler oder -Empfänger, wobei schraffiert geschnittene Einzelelemente 1 dargestellt sind. Jeweils benachbarte Absorber 3 bilden Täler in denen die Mehrfachreflexionen stattfinden. Je schlanker der Spitzenwinkel des Absorbers ist, desto besser ist es das Absorptionsvermögen des Eichstrahlers bzw. dessen Oberfläche. Die Grenze einer derartigen konstruktiven Gestaltung bildet natürlich der zunehmende Herstellungsaufwand und die Empfindlichkeit gegen mechanische Belastung.

Die Grundfläche des Fügebauteils 2 kann als n-seitiges, symmetrisches Vieleck ausgeführt sein. Insbesondere als Infrarot-Eichstrahler erhöht ein Vieleck die Isotropie der von dem Eichstrahler ausgesandten Strahlung.

Zur Erhöhung der Absorptionsgrade kann die Mantelfläche 5 noch in an sich bekannter Weise eine, z. B. fotolithografisch erzeugte Mikrostruktur oder Rauigkeit aufweisen. Durch Teil- oder Ganz-Beschichtung der durch die Einzelelemente erzeugten Oberfläche können auch die Fügestellen zwischen den Einzelelementen mit Absorbiermasse überdeckt werden.

#### Patentansprüche

1. Infrarot-Eichstrahler mit großer Apertur aus gut wärmeleitendem Material mit geschwärzter Oberfläche, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche als regelmäßige Makrostruktur aus einer Vielzahl, die Oberfläche vergrößernden Einzelelemente (1) zusammengesetzt ist, die als Reflexionsfallen wirkende Sub-Strukturen bilden.
2. Infrarot-Eichstrahler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche aus einer Vielzahl gleicher Einzelelemente (1) zusammengesetzt ist.
3. Infrarot-Eichstrahler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelelemente (1) auf einer Basis lösbar befestigt sind.
4. Infrarot-Eichstrahler nach einem der vorange-

gangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelelemente (1) ein Füge-  
teil (2) und einen Absorber (3) umfassen.

5. Infrarot-Eichstrahler nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Füge-  
teil (2) des Einzelelementes (1) mindestens an Teilen seiner Länge im  
Querschnitt ein Vieleck, vorzugsweise ein symmetrisches Hexagon, aufweist.

6. Infrarot-Eichstrahler nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Mantelfläche (4)  
des Füge-  
teiles (2) metallisiert, vorzugsweise galvanisch vernickelt, ist.

7. Infrarot-Eichstrahler nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Absorber  
(3) kegel- oder kegelstumpfförmig ausgebildet ist.

8. Infrarot-Eichstrahler nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Absorber  
(3) pyramiden- oder pyramidenstumpfförmig ausgebildet ist.

9. Infrarot-Eichstrahler nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Mantelflä-  
che (5) des Absorbers (3) eine Infrarotstrahlung absorbierende Beschichtung hat.

10. Infrarot-Eichstrahler nach einem der vorange-  
gangenen Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Mantelfläche (5) des Absorbers (3)  
durch einen fotolithografischen Prozeßschritt mikrostrukturiert ist.

11. Verwendung eines Infrarot-Eichstrahlers nach einem der Ansprüche 1 bis 10 als Empfänger für  
Infrarotstrahlung in einem Meßgerät.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

35

40

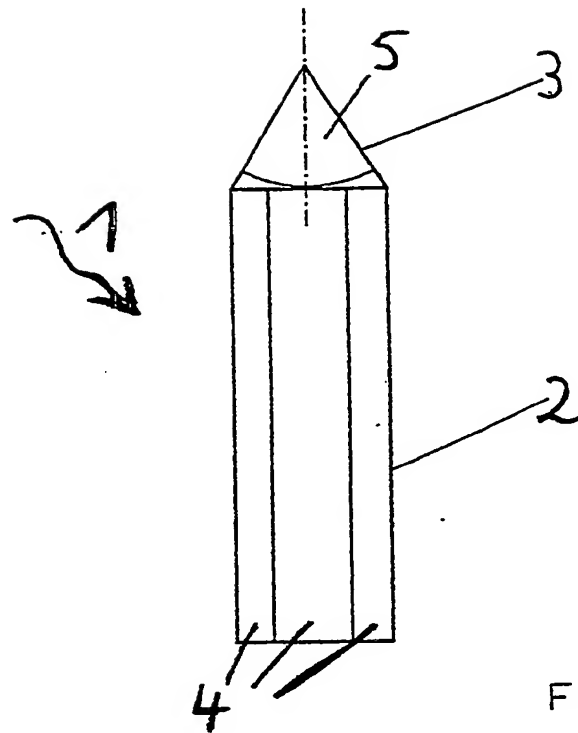
45

50

55

60

65



Figur 1

Fig. 2

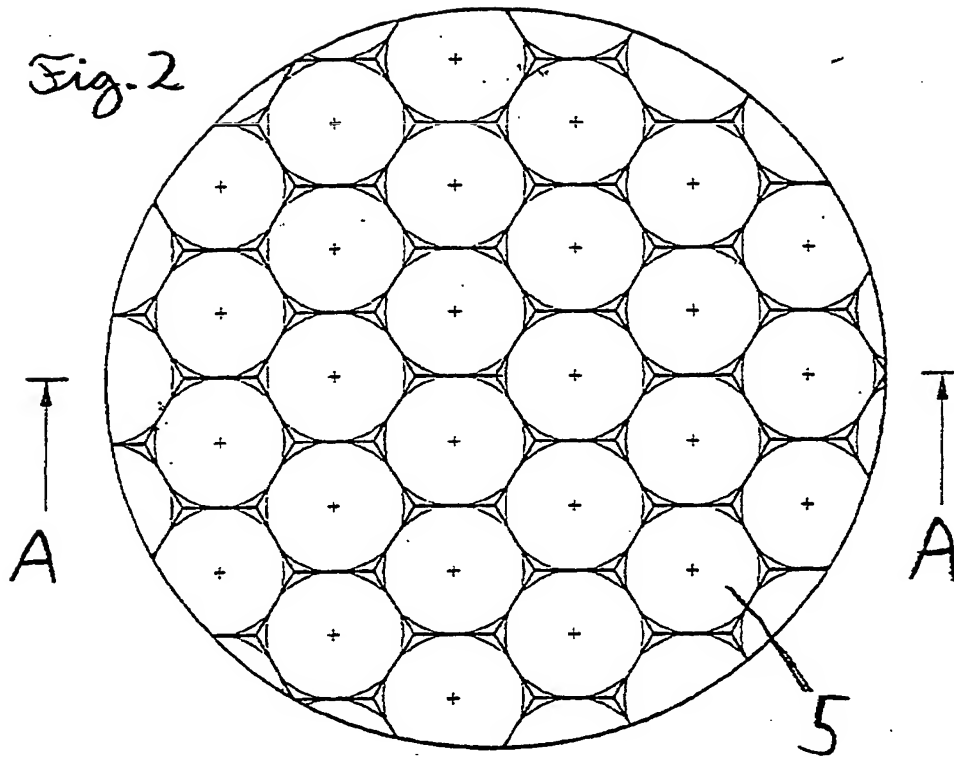


Fig. 3

